



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101681966 B

(45) 授权公告日 2013. 02. 06

(21) 申请号 200880018105. 2

(22) 申请日 2008. 05. 22

(30) 优先权数据

11/755, 055 2007. 05. 30 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 11. 30

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/006525 2008. 05. 22

(87) PCT申请的公布数据

W02008/150380 EN 2008. 12. 11

(73) 专利权人 伊斯曼柯达公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 R·S·科克 P·J·凯恩

M·E·米勒

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 刘春元 王忠忠

(51) Int. Cl.

H01L 33/00(2010. 01)

(56) 对比文件

US 2005/0092980 A1, 2005. 05. 05,

US 2006/0043361 A1, 2006. 03. 02,

US 2007/0001581 A1, 2007. 01. 04,

US 2005/0051766 A1, 2005. 03. 10,

B. Damilano et al. From visible to white light emission by GaN quantum dots on Si(111) substrate. 《Applied physics letters》. 1999, 第 75 卷(第 7 期), 964.

审查员 李惟芬

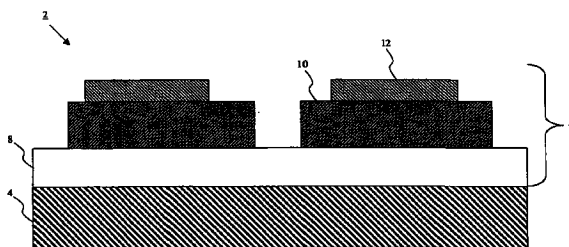
权利要求书 3 页 说明书 13 页 附图 10 页

(54) 发明名称

具有可控光谱的灯

(57) 摘要

一种区域照明无机电致发光装置, 包括: 衬底; 以及一个或多个共同寻址的发光元件的阵列。每个共同寻址的发光元件包括形成在衬底上的第一电极层, 形成在第一电极层上的一个或多个发光层以及形成在发光层上的第二电极层。发光层包括形成在普通多晶半导体矩阵中的多个芯/壳量子点发射器, 且多个不同芯/壳量子点发射器发射具有如下光谱功率分布的光, 该光谱功率分布具有峰值和 FWHM 带宽, 使得峰值波长相差小于或等于不同芯/壳量子点发射器的在 460 到 670nm 范围内的平均 FWHM 带宽的量。



1. 一种区域照明无机电致发光装置,包括:

a. 衬底;以及

b. 一个或多个共同寻址的发光元件的阵列,每个共同寻址的发光元件包括:形成在衬底上的第一电极层、形成在所述第一电极层上的一个或多个发光层以及形成在所述发光层上的第二电极层;

其中所述一个或多个发光层包括在普通多晶半导体矩阵中形成的多个芯/壳量子点发射器,且多个不同芯/壳量子点发射器发射具有如下光谱功率分布的光,该光谱功率分布具有峰值和 FWHM 带宽,其中所述不同芯/壳量子点发射器的峰值波长相差小于或等于的所述不同芯/壳量子点发射器的在 460 到 670nm 的范围内的平均 FWHM 带宽的量,并且其中所述区域照明无机电致发光装置的光谱功率分布近似于期望光源的光谱功率分布。

2. 根据权利要求 1 所述的区域照明无机电致发光装置,其中所述一个或多个共同寻址的发光元件的阵列产生的可见光的整体光谱功率提供白光。

3. 根据权利要求 1 所述的区域照明无机电致发光装置,其中该装置具有相对于标准光源的至少为 80 的一般显色指数。

4. 一种用于制造区域照明电致发光装置的方法,包括步骤:

a. 在衬底上形成第一电极层;

b. 形成发射具有如下光谱功率分布的光的多个不同芯/壳量子点发射器,该光谱功率分布包括峰值和 FWHM 带宽,使得所述不同芯/壳量子点发射器的峰值波长相差小于或等于所述不同芯/壳量子点发射器的在 460 到 670nm 的范围内的平均 FWHM 带宽的量,并且其中所述区域照明电致发光装置的光谱功率分布近似于期望光源的光谱功率分布。

5. 根据权利要求 4 所述的用于制造区域照明电致发光装置的方法,进一步包括在所述第一电极层的至少一部分上形成至少第二发光层,所述第二发光层具有固定配比的多种不同种类的芯/壳量子点发射器的不同子集。

6. 一种具有 80 或更大的一般显色指数的区域照明无机电致发光装置,包括:

a. 衬底;以及

b. 一个或多个共同寻址的发光元件的阵列,每个共同寻址的发光元件包括:

b1) 形成在所述衬底上的第一电极层,

b2) 形成在所述第一电极层上的一个或多个发光层,以及

b3) 形成在所述发光层上的第二电极层;

c. 其中所述一个或多个发光层包括具有细窄地间隔开的光谱功率分布的多个芯/壳量子点发射器,所述光谱功率分布包括峰值和 FWHM 带宽,且其中由所述不同芯/壳量子点发射器的至少一部分产生的光的光谱功率分布的峰值波长被间隔为使得任何两个峰值波长之间的最小距离比 460 和 670nm 之间的平均 FWHM 带宽的 1.1 倍小,且使得所述电致发光装置产生具有 80 或更大的一般显色指数的白光,并且其中所述区域照明无机电致发光装置的光谱功率分布近似于期望光源的光谱功率分布。

7. 根据权利要求 6 所述的区域照明无机电致发光装置,其中每个发光层具有不同芯/壳量子点发射器的相同集合。

8. 根据权利要求 6 所述的区域照明无机电致发光装置,其中所述不同芯/壳量子点发射器中的每个所产生的光的光谱功率分布具有 50nm 或更小的 FWHM 带宽。

9. 根据权利要求 6 所述的区域照明无机电致发光装置,其中所述装置的光谱功率分布匹配于标准光源的光谱功率分布。

10. 根据权利要求 9 所述的区域照明无机电致发光装置,其中所述装置的光谱功率分布匹配于日光光源的光谱功率分布,且其中所述发光层另外地包括发射具有如下光谱功率分布的光的至少两个另外的芯/壳量子点发射器,该光谱功率分布具有小于 460nm 的峰值波长和大于 670nm 的至少一个峰值波长。

11. 根据权利要求 6 所述的区域照明无机电致发光装置,其中所述 FWHM 带宽近似是 30nm 且其中所述发光层包括产生具有如下光谱功率分布的光的 13 个或更多个不同芯/壳量子点发射器,所述光谱功率分布具有不同的峰值波长。

12. 根据权利要求 6 所述的区域照明无机电致发光装置,其中所述装置的光谱功率分布匹配于白炽灯的光谱功率分布。

13. 根据权利要求 7 所述的区域照明无机电致发光装置,其中所述装置的光谱功率分布被设计为匹配于黑体辐射源的光谱功率分布。

14. 根据权利要求 8 所述的区域照明无机电致发光装置,其中当在定义的光谱功率分布和具有等同相关色温的日光或近黑体发射器的光谱功率分布之间计算所述装置和近黑体辐射源的光谱功率分布之间的 RMSE 时,该 RMSE 小于 1×10^{-3} ,且其中这两个光谱功率分布在 350 和 750nm 之间具有相同的整体功率光谱功率。

15. 一种用于制造区域照明电致发光装置的方法,包括步骤:

a. 在衬底上形成第一电极层;

b. 形成发射具有如下光谱功率分布的光的多个不同芯/壳量子点发射器,该光谱功率分布包括峰值和 FWHM 带宽,且其中由所述不同芯/壳量子点发射器的至少一部分产生的光的光谱功率分布的峰值波长被间隔成使得任何两个峰值波长之间的最小距离比 460 和 670nm 之间的 FWHM 带宽的 1.1 倍小,且使得所述电致发光装置产生具有 80 或更大的 CRI 的白光,并且其中所述区域照明电致发光装置的光谱功率分布近似于期望光源的光谱功率分布;

c. 确定所述不同芯/壳量子点发射器中的每个的正确比例以形成期望的光谱功率分布;

d. 形成包含所述正确比例的所述不同芯/壳量子点发射器的混合物;

e. 在所述第一电极层的至少一部分上形成第一发光层;以及

f. 在所述发光层上形成第二电极层。

16. 根据权利要求 15 所述的用于制造区域照明电致发光装置的方法,进一步包括将控制器连接到所述第一和第二电极层以用于调节提供给所述一个或多个发光层的电压或电流以提供白光的步骤。

17. 根据权利要求 15 所述的用于制造区域照明电致发光装置的方法,其中所述第一和第二电极层中的至少一个是透明或半透明的。

18. 根据权利要求 15 所述的用于制造区域照明电致发光装置的方法,其中在所述第一电极层的至少一部分上形成发光层的步骤进一步包括形成芯/壳量子点和另外的导电颗粒的胶状混合物。

19. 根据权利要求 15 所述的用于制造区域照明电致发光装置的方法,其中在所述第一电极层的至少一部分上形成所述发光层的步骤进一步包括在所述发光层的每个发光层的

区域内涂覆至少一个共用无机输送层。

20. 根据权利要求 15 所述的用于制造区域照明电致发光装置的方法,其中形成发光层的步骤进一步包括在涂覆所述电致发光材料之前在所述第一电极上涂覆至少一个共用无机输送层,以及在形成所述第二电极层之前在所述电致发光材料上形成至少第二共用无机输送层。

具有可控光谱的灯

技术领域

[0001] 本发明涉及灯的结构和制造,更具体地说,是涉及能够产生具有如下光谱功率分布的光的灯,该光谱功率分布近似于日光源或其他近黑体辐射源的光谱功率分布。

背景技术

[0002] 已知能够产生多种颜色的光的灯能满足许多应用,包括用于一般目的照明的灯,允许以允许用户调整光的相关色温的方式生成“白”光。进一步已知具有可调整色温的光用于特殊的照明应用,如照相机闪光灯和运动图片照明系统。在该应用领域中,最合乎期望的是制造出提供如下输出的灯,该输出具有匹配于典型黑体辐射源、典型日光照明或标准日光源的色度坐标和光谱功率分布的色度坐标和光谱功率分布。在白天存在的自然光的色度坐标一般落到被称作普朗克轨迹或黑体曲线的 CIE(国际照明委员会)色度空间内的曲线附近。在文献 CIE publication No. 15, Colorimetry (Official Recommendations of the International Commission on Illumination), Vienna, Austria, 2004 中具体说明了针对 4000K 和 25000K 之间的色温计算日光光谱的方法。期望达到并落到该曲线附近的标准照明条件包括命名为 D50、D65 和 D93 的条件(其分别对应于 5000K、6500K 和 9300K 的日光色温),以及具有更低的相关色温的所谓的更暖的光,其在外观上与钨丝灯产生的光更相似。除了能够产生具有与标准照明条件相同好色度坐标的光的灯之外,具有产生如下光的灯是合乎期望的,该光具有匹配于该标准光源的标准光谱功率分布的光谱功率分布。灯产生的光的光谱功率分布和这些标准照明条件的光谱功率分布之间的匹配程度的一个度量是 CIE 显色指数或 CRI (CIE publication No. 13.3, Method of Measuring and Specifying Color-Rendering of Light Sources, Vienna, Austria, 1995, 以下称为 CIE Pub. 13.3)。

[0003] CRI 是一种标准方法,该方法规定了由给定灯照明的一组标准反射物体的颜色外观与由具有到指定参考源的光谱功率分布的光照明的那些相同物体的外观相匹配的程度。CIE Pub. 13 提供了两个显色指数的计算,即所谓的特殊显色指数 R_i 和一般显色指数 R_a 。从由参考源和测试灯照明的单个颜色样本之间的颜色差计算 R_i 值。因此每个颜色样本具有其自身相关联的 R_i 。CIE Publication 13 推荐用于测试照明体的一组 14 个颜色样本。一般显色指数或 R_a 值是来自这些 14 个颜色样本的前 8 个的 R_i 值的算术平均,且是一般被报告为 CRI 值的数。因此,在现有技术中术语 CRI 广泛地与 R_a 互换使用,除非另有说明,否则 CRI 在本公开中被用来指代 R_a 。

[0004] 在现有技术中,具有 80 或更好的 CIR 的灯提供了与目标光谱功率分布的良好匹配并且被认为是高质量的。使用 CRI 度量描述光源的显色能力的缺点在于:(1) 该度量仅适用于八个色片组,这八个色片组代表有限的反射物体组的反射光谱,其中没有对同色异谱特别敏感的;以及(2) 该度量是对八个 R_i 值的平均,且仅提供对居中趋势而不是对一致性的测量。结果,当应用该度量来确定光谱功率分布对之间的适配良好性时,特别是当使用光谱功率分布主要由若干窄峰值组成的光源时有可能获得高 CRI 值,即使它们提供与目标光

谱功率分布的整体曲线形状的非常差的匹配也是如此。例如,图 10 示出两个现有技术光谱功率分布,宽光谱 154 和包含一系列三个强窄频带分量的另一光谱 152。两个光谱具有相同的整体辐射功率,然而其曲线形状显然没有完好匹配。另一结果是当使用由强窄频带分量组成的光谱功率分布时,CIE 推荐组之外的颜色可能呈现明显的同色异谱问题,即 CRI 度量可能拾取不到的效果。因此,当评估可能在无机电致发光装置中发现的这样的光源时,使用替代度量来评估该光源是重要的。当被设计的灯的光谱功率分布和给定的典型标准灯的光谱功率分布被归一化为在其曲线下具有同样面积时,其他有用的度量可仅包括这两个光谱功率分布之间的均方根误差 (RMSE)。另外,如果在其计算中包括代表对同色异谱更敏感的物体的反射光谱的另外的颜色片,可使用扩展的显色度量。该度量可基于另外的色片的 R_i 值。

[0005] 现有技术中讨论了采用无机电致发光装置的照明装置,其仅包括若干晶状无机电致发光二极管,以形成具有高 CRI 的灯。例如,Doughty 等人在名为“Light-emitting diode white light source”的美国专利 5,851,063 中描述了采用三个晶状发光二极管以获得 83 和 87 之间的 CRI 值的光源,以及采用四个晶状发光二极管来实现 96 的 CRI 的照明装置。虽然这些装置实现了大于 80 的 CRI,然而其没有提供与具有相同的相关色温的黑体辐射源的目标光谱功率分布相似的光谱功率分布。这在图 10 中示出,图 10 示出了具有由 Doughty 规定的峰值波长以及与 2800K 的黑体辐射源的现有技术光谱功率分布 154 相比几乎相同的光谱带宽的灯的现有技术光谱功率分布 152,其中同样每个源在所示波长范围内提供了相同的辐射功率。同样的,这两个光谱功率分布的形状彼此显著地不同。结果,当为具有光谱反射函数的另外的片(诸如来自图 11 所示的现有技术的 160、162 和 164) 计算 R_i 值时,可能会获得低到 -60 的值。大的负 CRI 一般是由于与光谱选择性反射器相结合的包含强窄频带分量的发光体,即当在其光谱中具有缝隙的光源照射高饱和颜色时。这些光谱反射函数来自于在衣物、图形艺术或装饰材料中不常见的饱和蓝绿色和紫色。进一步,Doughty 提供的灯和参考源的归一化光谱功率分布之间的 RMSE 是 4.9×10^{-3} ,其相对较高。应注意的是,Doughty 还提供了包括四个具有四个特定峰值波长的 LED 的灯规格,其在该方面有较好表现。然而,其光谱在图 11 中示出的三个片的特殊显色指数仍仅为 46,且 RMSE 是 4.5×10^{-3} 。

[0006] 在“Optimization of white polychromatic semiconductor lamps”中由 Zukauskas 等人提供了类似的公开 (Applied Physics Letters Vol. 80, No. 2, p. 234, 2002)。该文章还讨论了以下事实:利用来自 2、3 或 5 个晶状 LED 的光输出可获得相对高的 CRI 值,其中利用更大数目的晶状 LED 的光可获得更高的 CRI 值。然而同样地,结果得到的光谱功率分布具有小数目的窄频带分量,且虽然使用标准八个色片计算时它们提供高 CRI 值,然而它们没有提供与一般期望的日光、黑体或白炽光谱功率分布的特别良好的匹配。对于提供最高 CRI 的具有五个窄频带分量的光源,图 11 所示的三个光谱分布的 R_i 值低到 49 且 RMSE 同样较大,具有 2.4×10^{-3} 的值。

[0007] 重要的是要注意到这些论文中的每个都讨论使用来自晶状电致发光二极管的光发射。这些装置一般被封装为使得发射具有窄波段的光的单个晶体作为完整装置被封装。这些装置中的若干然后被选择并封装在一起以形成如 Zukauskas 和 Doughty 讨论的灯。形成若干分离封装的单个晶状电致发光二极管并进一步选择多个这些装置且将其封装成灯的要求是昂贵的和耗费人力的,从而使得在每个灯中包括多个单一晶状电致发光装置是异

常昂贵的。

[0008] 还已知具有更宽频带光发射的电致发光装置。例如, Okumura 的名为“Color Temperature-Regulable(sic)LED Light”的美国公开 No. 2004/264193 讨论了一种白光 LED, 其由当被蓝或紫外晶状电致发光装置激励时发射宽频带光的磷光物质形成。虽然这样的实施例提供了宽得多的带宽发射, 然而其不可能在重要位置调节光谱功率分布的相对振幅, 并因此不可能准确地调节该装置的输出以获得与期望光谱功率分布的良好光谱匹配。另外, 在将蓝或紫外光转换成更长波长颜色的光期间损失了能量。

[0009] B. Damilano 等的近期文章“From visible to white light emission by GaN quantum dots on Si(111) substrate”(Applied Physics Letters Vol. 75, p. 962, 1999) 讨论了堆叠多层量子点, 各个层被调节到互补波长带, 以通过光致发光来实现白光发射。电致发光白光发射没有被演示, 也没有演示用固定材料组的连续颜色调节。另外, 该装置没有匹配或尝试匹配任何期望的光谱, 且装置的发射光谱通常由所示波长范围上的若干窄频带峰值组成。

[0010] US 2006/0043361 公开了一种白光发射有机-无机混合式电致发光装置。该装置包括空穴注入电极、空穴输送层、半导体纳米晶体层、电子输送层和电子注入电极, 其中半导体纳米晶体层由至少一种半导体纳米晶体组成, 且至少一个前述层发光以实现白光发射。该装置的半导体纳米晶体层还可通过在尺寸、组成、结构或形状方面具有至少一个不同的至少两种纳米晶体组成。对于输送层采用有机材料, 而对于纳米晶体和电极采用无机材料。虽然这样的装置可用来产生白光, 然而其没有解决改变该白光源的颜色或控制白光源的光谱功率分布的需要。

[0011] US 7, 122, 842 公开了一种产生白光的光发射装置, 其中一系列稀土掺杂 IV 组半导体纳米晶体或者被组合在单个层中或者被堆叠在各个 RGB 层中以产生白光。在一个例子中, 至少一个 II 组或 VI 组纳米晶体层接收由作为泵浦源的 IV 组稀土掺杂的纳米晶体所发射的光, II 组或 VI 组纳米晶体然后以各种波长发出荧光。该公开也没有说明颜色调节或控制白光源的光谱功率分布的方法。

[0012] US 2005/0194608 公开了一种具有宽光谱功率分布 $\text{Al}_{(1-x-y)}\text{In}_y\text{Ga}_x\text{N}$ 白光发射装置的装置, 其包括至少一个具有宽光谱功率分布的蓝光互补光量子点发射层和至少一个蓝光发射层。该蓝光互补光量子点层包括多个量子点, 控制所述量子点的尺寸和铟含量以导致不均匀分布, 以便增加层的发射的 FWHM。蓝光发射层被布置在两个导电镀层之间以形成封装的 LED。描述了各种例子, 其中通过多达九个发光层来实现蓝光互补光发射以提供宽光谱分布, 且通过多达四个蓝光发射层实现蓝光发射。然而, 所有例子描述了存在两个不同的窄频带分量, 以提供互补的蓝色和黄色。作者没有讨论用于实现标准日光、黑体或钨丝发光器的光谱功率分布所要求的相对连续的宽频带光谱功率分布的手段。

[0013] 因此需要特别是对于典型日光或近黑体辐射源包括钨丝灯可以提供良好光谱匹配的更低廉的灯。这样, 该灯应提供与标准的近黑体光谱功率分布相比时具有更高的特殊显色指数值和更低的均方根误差的光谱功率分布。

发明内容

[0014] 通过提供如下区域照明无机电致发光装置来满足上述需求, 该装置包括衬底和一

个或多个共同寻址的发光元件的阵列。每个共同寻址的发光元件包括形成在衬底上的第一电极层,形成在第一电极层上的一个或多个发光层,以及形成在发光层上的第二电极层。发光层包括形成在普通多晶半导体矩阵中的多个芯/壳量子点发射器,且多个不同芯/壳量子点发射器发射具有如下光谱功率分布的光,该光谱功率分布具有峰值和 FWHM 带宽,使得峰值波长相差小于或等于不同芯/壳量子点发射器的在 460 到 670nm 范围内的平均 FWHM 带宽的量。

[0015] 本发明的另一实施例提供了一种具有 80 或更大的一般显色指数的区域照明无机电致发光装置。同样地,该装置包括一个或多个共同寻址的发光元件的阵列,每个共同寻址的发光元件具有:

[0016] 1) 形成在衬底上的第一电极层,

[0017] 2) 形成在第一电极层上的一个或多个发光层,以及

[0018] 3) 形成在发光层上的第二电极层。

[0019] 一个或多个发光层包括具有被细窄地间隔开的光谱功率分布的多个芯/壳量子点发射器,该光谱功率分布包括峰值和 FWHM 带宽。不同芯/壳点发射器的至少一部分产生的光的光谱功率分布的峰值波长被间隔为使得任何两个峰值波长之间的最小距离小于 460nm 和 670nm 之间的平均 FWHM 带宽的 1.1 倍,且使得电致发光装置产生具有 80 或更大显色指数的白光。

附图说明

[0020] 图 1 是根据本发明一个实施例的区域照明电致发光装置的截面;

[0021] 图 2 是根据本发明一个实施例的发光层的示意图;

[0022] 图 3 是根据本发明一个实施例的单个芯/壳量子点发射器的光谱功率分布的图;

[0023] 图 4 是根据本发明一个实施例的一组芯/壳量子点发射器的光谱功率分布的图;

[0024] 图 5 是与现有技术中已知的标准发光体光谱功率分布相比,根据本发明一个实施例的区域照明电致发光装置的光谱功率分布的图;

[0025] 图 6 是与现有技术中已知的标准发光体光谱功率分布相比,根据本发明一个实施例的区域照明电致发光装置的光谱功率分布的图;

[0026] 图 7 是根据本发明一个实施例的区域照明电致发光装置的示意图;

[0027] 图 8 是根据本发明一个实施例的用于制造区域照明电致发光装置的方法的流程图;

[0028] 图 9 是根据本发明一个实施例的无机发光二极管的截面;

[0029] 图 10 是示出与标准发光体光谱功率分布相比的现有技术方案的光谱功率分布的图;以及

[0030] 图 11 示出如现有技术中已知的、在确定光源呈现同色异谱的可能性中有用的三个色片的光谱反射函数。

具体实施方式

[0031] 本发明提供了一种区域照明无机电致发光装置,该装置具有近似于期望光源的光谱功率分布的光谱功率分布。区域照明电致发光装置 2 的截面在图 1 中示出。如该图所示,

电致发光装置包括衬底 4 和一个或多个共同寻址的发光元件 6 的阵列。每个共同寻址的发光元件 6 包括形成在衬底 4 上的第一电极层 8、形成在第一电极层 8 上的一个或多个发光层 10 以及形成在发光层 10 上的第二电极层 12。为了提供与期望光源的光谱功率分布具有良好相似性的光谱功率分布,一个或多个发光层 10 每个都包括在普通多晶半导体矩阵中形成的一个或多个芯 / 壳量子点发射器。所述一个或多个发光层 10 一起包括多个芯 / 壳量子点发射器 22-30,如图 2 所示。在期望实施例中,发光层 10 将每个均包含在普通多晶半导体矩阵中形成的多个该芯 / 壳量子点发射器。

[0032] 在形成本发明的商业实用装置时,在每个发光元件 6 且期望在每个发光层 10 内存在多个芯 / 壳量子点发射器是重要的。这些装置通常包括多于五个且通常多于十个的不同芯 / 壳量子点,以提供期望的光谱功率分布。可使用对于可涂覆芯 / 壳量子点技术有竞争性的技术来制造相似的照明装置,如晶状电致发光二极管。例如,如现有技术中熟知的,照明装置可通过采用五个、十个或更多个不同的离散晶状 LED 来形成。然而,这种装置需要分离地形成每个不同的离散晶状 LED 和从这些离散的 LED 组装成装置的步骤。本发明提供了现有技术中之前没有构思的方法,从而可制造不同芯 / 壳量子点发射器的胶状混合物并将其沉积到公共衬底上,从而显著地减小了该装置制造的复杂性和成本。另外,由于能够从具有一个电流的电源驱动根据本发明而制造的发光元件,因此该电子设备将比现有技术所需的更简单。现有技术的从离散 LED 组装的区域照明装置所需的电子设备需要另外的电子器件以形成具有相似性能的灯,因为这些 LED 一般需要不同的电流。

[0033] 图 2 示出本发明的典型发光层 10。如图 2 所示,发光层包含大量不同芯 / 壳量子点发射器,每个不同芯 / 壳量子点发射器具有不同的光谱功率分布。如图 2 所示,发光层可通过包括具有不同尺寸的不同芯 / 壳量子点发射器(诸如芯 / 壳量子点发射器 22、24、26 和 28)来实现该性能。一般地,较大的芯 / 壳量子点发射器,如 26 和 28,发射的光的波长比较小的芯 / 壳量子点发射器,如 22 和 24,发射的光的波长短。如以下马上更详细地所述的,发光层 10 还可包含其他颗粒 30,这些颗粒不是芯 / 壳量子点发射器 22、24、26、28,而是存在以辅助电流通过多晶半导体矩阵流到芯 / 壳量子点发射器。

[0034] 在本发明内,不同芯 / 壳量子点发射器 22、24、26、28 中的每个发射具有如图 3 所示的光谱功率分布的光。如图 3 所示,每个不同芯 / 壳量子点发射器的光谱功率分布 40 包括峰值波长 42(在该例子中示出为在 495nm 处),以及半极大振幅全宽度光谱带宽 44(称作 FWHM 带宽)。应注意的是,虽然任何单独的芯 / 壳量子点发射器仅在单一波长处发射光,然而已知的合成方法一般产生具有大小分布的芯 / 壳量子点发射器。这种芯 / 壳量子点发射器的有意或无意的大小分布然后产生具有光谱功率分布 40 的光,这种大小分布一般具有大小的变化,该大小变化将产生一般为 30nm 量级的 FWHM 带宽 44。因此本发明的装置一般将具有 50nm 或更小的 FWHM 带宽。在本发明的区域照明无机电致发光装置内,不同芯 / 壳量子点发射器的每个产生的光的光谱功率分布的峰值波长 42 被细窄地间隔为使得任何两个峰值波长之间的最小距离小于 460nm 和 670nm 的波长范围内的平均 FWHM 带宽的 1.1 倍,从而允许电致发光装置产生具有 80 或更大的 CRI 以及具有对于广泛不同的颜色样本一致是 80 或更大的特殊显色指数值 R_i 的白光。在一些实施例中,电致发光装置将产生与具有同等相关色温的日光或近黑体发射器的光谱功率分布相比时具有小于 1×10^{-3} 和期望地小于 5×10^{-4} 的均方根误差的光谱功率分布,且其中两个光谱功率分布在 350nm 和 750nm 之间具

有相同的整体功率。在一些电致发光装置中,两个相邻峰值波长之间的峰值波长将相差等于或小于 460 到 670nm 的范围内的不同芯 / 壳量子点发射器的平均 FWHM 带宽 44 的值。

[0035] 图 4 示出了本发明的一个或多个共同寻址的发光元件中的芯 / 壳量子点发射器组的光谱功率分布的一个示例组。该图示出了一组十三个光谱功率分布 50 到 74,每个光谱功率分布具有 30nm 的 FWHM 带宽且峰值波长位于 370、401、432、460、490、520、550、580、610、640、670、705 和 740nm 处。如图所示,光谱功率分布 56 到 70 产生具有在 460 到 670nm 范围内的峰值波长的光,且这些峰值波长以等于 FWHM 带宽的 30nm 被分离,从而提供具有小于平均 FWHM 带宽的 1.1 倍和等于该 FWHM 带宽的最小间隔的峰值波长。还应注意到,两个相邻的峰值波长相差大于平均 FWHM 带宽的值。然而,应注意,在 460 到 670nm 的波长范围外峰值波长被不同地间隔,且一般以更大的距离被分离。因此,这些光谱功率分布的峰值波长之间的间隔仅在 460nm 到 670nm 的范围内等于或小于 FWHM 带宽,但是在该范围外具有更大的间隔。

[0036] 在本发明中,不同芯 / 壳量子点发射器的组每个均在一个或多个共同寻址的发光元件内产生光,其可被组合以提供单个的光谱功率分布。另外,该发光层的特性,如不同芯 / 壳量子点发射器的浓度,可被调节以控制由不同芯 / 壳量子点发射器的每个所产生的辐射能的相对量。然后可产生作为结果的单个的光谱功率分布以提供白光。图 5 示出了光谱功率分布 80,其是通过组合来自图 4 所绘的芯 / 壳量子点发射器的各个光谱功率分布 50 到 74 的正确比例的光而产生的。在图 5 中还示出了 CIE 定义的具有 6500K 的相关色温的标准日光发光体的光谱功率分布 82。注意,光谱功率分布 80 提供了与标准光谱功率分布 82 的相对紧密的匹配。本发明的区域电致发光装置产生的光谱功率分布 80 与标准 D65 日光发光体的光谱功率分布 82 的匹配可通过用功率分布 82 作为参考计算功率分布 80 的显色指数来证明。对于光谱功率分布 80,相对于标准光谱功率分布 82 的 CRI 值是 97。

[0037] 如该例子中所示,区域照明电致发光装置提供了光谱功率分布,其是具有大于 80 的显色指数的、与标准日光光源的光谱功率分布的相对匹配。注意,为了计算 CRI,必须提供参考光谱。在评估期间可通过将参考选择为具有最接近的相关色温的日光或黑体源来简单地确定参考。

[0038] 为了实现至少 80 的 CRI,以及一致大于 80 的 R_i ,区域照明电致发光装置提供发射具有如下光谱功率分布的光的不同芯 / 壳量子点发射器,该光谱功率分布具有相差等于或小于 460 到 670nm 范围内的不同芯 / 壳量子点发射器的平均 FWHM 带宽 44 的波长值的峰值波长。除了该标准之外,发射器提供三个另外的芯 / 壳量子点发射器,其提供具有低于 460nm 的峰值波长的三个光谱功率分布和具有大于 670nm 的峰值波长的两个光谱功率分布。

[0039] 通过应用具有相同峰值波长的芯 / 壳量子点发射器的相同组,可产生具有如下光谱功率分布的区域照明电致发光装置,该光谱功率分布提供与 CIE 提供的任何标准日光光源的良好匹配。为了实现此目的,仅需要调节每个光谱功率分布的振幅。这可通过例如调节发光层 10 内的不同芯 / 壳量子点发射器的相对浓度来在本发明的装置内实现。表 1 示出了对于一些典型的相关色温的 CIE 日光光谱功率分布可获得的 CRI 值。如表 1 所示,对于本发明的装置可获得 94 与 97 之间的光谱功率分布,其都大于 80。注意到,即使当图 11 所示的光谱反射函数被加到被推荐用于计算 CRI 值的光谱反射函数时,最小 R_i 值也大于 90。

进一步,在该例子中, RMSE 值都小于 2.5×10^{-4} 。

[0040] 表 1

[0041]

相关色温	CRI	最小 (R_t)	RMSE
4000K	94	92	1.9×10^{-4}
5000K	96	94	1.8×10^{-4}
6500K	97	95	1.8×10^{-4}
9300K	97	96	2.0×10^{-4}
10000K	97	96	2.0×10^{-4}
15000K	96	95	2.2×10^{-4}
20000K	95	95	2.3×10^{-4}
25000K	95	94	2.4×10^{-4}

[0042] 表 1 示出了通过以等于芯 / 壳量子点发射器的 460 到 670nm 范围内的 FWHM 带宽的距离交叠芯 / 壳量子点发射器的光谱功率分布而产生的本发明的装置的良好光谱匹配。如果芯 / 壳量子点发射器的光谱功率分布以稍微更小的距离交叠则可获得良好的性能。例如,表 2 示出了如果 460 和 670nm 范围内的芯 / 壳量子点发射器的光谱功率分布以平均带宽的 1.1 倍的因子交叠可获得的结果。具体地,芯 / 壳量子点发射器具有 30nm 的 FWHM 带宽且应用 370、401、422、455、488、511、544、577、610、643、676、705 和 740nm 的峰值波长。如表 2 所示,即使当图 11 所示的光谱反射函数被加到被推荐用于计算 CRI 值的光谱反射函数时, CRI 值和最小特殊显色指数值也都大于 80。另外,获得小于 3.5×10^{-4} 的 RMSE 值。

[0043] 表 2

[0044]

相关色温	CRI	最小 (R_t)	RMSE
4000K	95	90	2.9×10^{-4}
5000K	89	87	3.1×10^{-4}
6500K	87	85	3.1×10^{-4}
9300K	86	85	3.1×10^{-4}
10000K	86	85	3.1×10^{-4}
15000K	86	84	3.1×10^{-4}

20000K	86	84	3.0×10^{-4}
25000K	86	83	3.0×10^{-4}

[0045] 每个标准日光光谱功率分布在 460 和 670nm 之间平滑地变化。为了通过组合来自不同的、相对窄的光谱功率分布（即具有小 FWHM 带宽的光谱功率分布）的光而获得大于 80 的 CRI 和平滑地变化的光谱，必须提供不同的、相对窄的光谱功率分布之间的较大程度的交叠，这是现有技术中之前没有认识到的事实。该交叠的影响可通过在 460 和 670nm 之间的光谱功率分布之间产生更小的交叠来证实。为了实现更小的交叠，在该范围中可移除光谱功率分布 50 到 74 中的一个且在 460 到 670nm 的范围内的峰值波长 42 之间提供更大的间隔。在该例子中，应用具有 370、401、432、460、495、530、565、600、640、670、705 和 740nm 的峰值波长的光谱功率分布。注意，460 到 670 范围内的这些发射器的峰值波长以 35nm 被分离，其大于 30nm 的 FWHM 带宽的 1.1 倍。如在前述例子中一样，表 3 中示出了针对在前两个表中所示的相同的相关色温可以获得的最大显色指数值。注意，当不同芯 / 壳量子点发射器的每个的光谱功率分布的交叠减小时，CRI 值从较高的 90 多的值减小到 68 和 83 之间的值，且针对扩展的片组的最小 R_i 值的范围在 58 和 73 之间。

[0046] 另外，RMSE 值是 3.4×10^{-4} 或更大。如该例子所示，提供对来自不同芯 / 壳量子点发射器的发射的光谱功率分布的显著交叠以获得高 CRI 和一致的 R_i 是重要的。对于交叠的该要求可通过在目标光谱功率分布平滑地变化的波长范围上以不大于平均 FWHM 带宽来分离不同芯 / 壳量子点发射器的峰值波长来实现。

[0047] 表 3

[0048]

相关色温	CRI	最小 (R_i)	RMSE
4000K	83	73	3.6×10^{-4}
5000K	77	68	3.5×10^{-4}
6500K	74	63	3.4×10^{-4}
9300K	71	61	3.4×10^{-4}
10000K	71	60	3.4×10^{-4}
15000K	69	59	3.4×10^{-4}
20000K	69	58	3.4×10^{-4}
25000K	68	58	3.5×10^{-4}

[0049] 通过应用在目标光谱功率分布的波长范围内交叠不同芯 / 壳量子点发射器的光谱功率分布这一原理，还可提供具有如下光谱功率分布的区域照明电致发光装置，该光谱功率分布提供与传统白炽灯或任何传统黑体发射器的光谱功率分布的良好匹配。图 6 示出

传统白炽灯的光谱功率分布 90。注意,在形状上与标准黑体辐射源非常相似的该目标光谱功率分布不仅在从 460 到 670nm 的范围上平滑地变化,而且还在整个可见光范围上平滑地变化。这样的光谱功率分布可通过提供包含大量不同芯/壳量子点发射器的发光层 10 来获得,其中各个不同芯/壳量子点发射器的光谱功率分布进行交叠以使得峰值波长相差等于或小于不同芯/壳量子点发射器的平均 FWHM 带宽的波长值。例如,采用 30nm FWHM 带宽的不同芯/壳量子点发射器的本发明的区域照明电致发光装置可采用具有 360、390、420、450、480、510、540、570、600、630、650、680、720 和 750nm 处的峰值波长的发射器。通过以恰当比例采用在这些光谱位置处的发射器,获得光谱功率分布 92。当与原始钨丝发射器相比时,该装置具有 87 的 CRI,其完全大于 80;对于扩展片组具有 81 的最小 R_i 值,其大于 80,且当与具有与钨丝源相同的相关色温的黑体源的光谱功率分布相比时具有 1.5×10^{-4} 的 RMSE。基于这些标准,作为结果的装置因此提供近似于钨丝灯泡的照明的高质量照明装置。同样地,通过采用相似的不同芯/壳量子点发射器组来适配标准黑体发射器,通过采用相差等于或小于平均 FWHM 带宽的波长值的峰值波长可获得相似的匹配。

[0050] 应注意,在每个以前的例子中,由不同芯/壳量子点发射器的每个提供的 FWHM 带宽对于不同芯/壳量子点发射器的每个来说是相同的。然而,这不是本发明的要求。相反,不同芯/壳量子点发射器的每个有可能具有不同的 FWHM 带宽。峰值波长的间隔应不大于平均 FWHM 带宽。当 FWHM 带宽都相同时,所有的都按照定义等于平均值。然而,当 FWHM 带宽都不相同时,根据任何芯/壳量子点发射器的 FWHM 带宽和它的具有最接近的峰值波长频率的邻近者中的一个或全部二者的 FWHM 带宽来计算平均值。可替代地,根据区域照明电致发光装置内的所有不同芯/壳量子点发射器的 FWHM 带宽计算平均值。

[0051] 应注意,本公开中的例子采用了多个不同芯/壳量子点发射器,典型地多于 5 个且甚至多于 10 个。虽然所有这些发射器都可涂覆在第一和第二电极层之间,且虽然这可能是产生这样的装置的最低廉的方法,然而该涂覆方法不是必须的。仅仅必须的是任何发光元件被共同寻址。一个这样的替代实施例如图 7 所示。如该图所示,本发明的区域照明装置 102 由两个发光元件 104 和 106 组成。第一发光层可沉积在一对电极之间以形成第一类型的发光元件 104。相似地第二发光层可沉积在一对电极之间以形成第二类型的发光元件 106。这两个发光元件的发光层每个都可提供便利本发明所需的不同芯/壳量子点发射器的一部分。然而,这两个发光元件 104、106 将被共同寻址。也就是说,从控制器 108 在控制线 110 上将提供单个的控制信号,来以共用的驱动信号同时驱动两个发光元件 104、106。

[0052] 在图 9 中,示出了用于形成本发明的发光元件的无机发光二极管 202。如该图所示,发光二极管 202 包括量子点无机发光层 210。衬底 204 支持沉积的半导体和金属层。衬底 204 应优选地足够坚硬以能够进行沉积处理,以便其可承受热退火处理(最大温度 $\sim 285^\circ\text{C}$)。衬底 204 可以是透明的或不透明的。可能的衬底材料是玻璃、硅、金属箔和某些塑料。下一个沉积的材料是阳极 208。对于衬底 204 是 p 型 Si 的情况,阳极 208 沉积在衬底 204 的下表面上。对于 p-Si,合适的阳极金属是 Al。其可通过热蒸发或溅射来沉积。在此沉积之后,优选地将其在 $\sim 430^\circ\text{C}$ 退火 20 分钟。对于所有以上列举的其他衬底类型,阳极 208 沉积在衬底 204 的上表面上且包括透明导体,诸如氧化铟锡(ITO)。现有技术中的溅射或其他熟知的步骤可沉积 ITO。ITO 一般在 $\sim 300^\circ\text{C}$ 被退火一小时以提高其透明度。因为诸如 ITO 的透明导体的表面电阻比金属大得多,因此总线金属 214 可使用热蒸发或溅射通过

阴影掩膜来选择性地沉积以降低从接触垫到实际装置的电压降。接着沉积无机发光层 210。其可被滴或旋投在透明导体（或 Si 衬底）上。其他沉积技术，如喷胶状量子点 - 无机纳米颗粒混合物也是可能的。在沉积之后，无机发光层 210 在优选温度 270°C 被退火 50 分钟。最后，阴极 212 金属沉积在无机发光层 210 上。候选阴极 212 金属是与包括无机纳米颗粒 210 的材料形成欧姆接触的的金属。例如，在由 ZnS 无机纳米颗粒形成量子点的情况下，优选金属是 Al。其可通过热蒸发或溅射沉积，随后是在 285°C 热退火 10 分钟。本领域技术人员还可推出，层的构成可被颠倒，使得阴极 212 沉积在衬底 204 上且阳极 208 形成在无机发光层 210 上。在该配置中，当衬底 204 由 Si 形成时，衬底 204 是 n 型 Si。

[0053] 尽管图 9 中未示出，p 型输送层和 n 型输送层可被加到该装置以包围无机发光层 210。如现有技术中众所周知的，LED 结构一般包含掺杂的 n 和 p 型输送层。它们用于若干不同的目的。如果半导体被掺杂则形成与半导体的欧姆接触更容易。由于发射器层一般被本质或稍微地掺杂，因此进行与掺杂输送层的欧姆接触更容易。作为表面等离子效应的结果，具有与发射器层邻近的金属层会导致发射器效率的损失。因此，用足够厚（至少 150nm）的输送层将发射器层与金属触点隔开是有利的。最后，不仅输送层将电子和空穴注入到发射器层中，而且通过对材料的合适选择其可以阻止载流子泄漏退出发射器层。例如，如果发光层 210 中的无机量子点由 $ZnS_{0.5}Se_{0.5}$ 组成且输送层由 ZnS 组成，则电子和空穴将被 ZnS 电势障壁局限到发射器层。p 型输送层的合适材料包括 II-VI 和 III-V 半导体。典型的 II-VI 半导体是 ZnSe、ZnS 或 ZnTe。仅 ZnTe 是天然 p 型，而 ZnSe 和 ZnS 是 n 型。为了得到足够高的 p 型导电率，另外的 p 型掺杂剂应被加到所有三种材料。对于 II-VI p 型输送层的情况，可能的候选掺杂剂是锂和氮。例如，文献中示出 Li_3N 在 $\sim 350^\circ C$ 可被扩散到 ZnSe 中以产生 p 型 ZnSe，其中电阻率低到 0.4ohm-cm。

[0054] n 型输送层的合适材料包括 II-VI 和 III-V 半导体。典型的 II-VI 半导体是 ZnSe 或 ZnS。对于 p 型输送层，为了获得足够高的 n 型导电率，另外的 n 型掺杂剂应被添加到半导体。对于 II-VI n 型输送层的情况，可能的候选掺杂剂是 Al、In 或 Ga 的类型 III 掺杂剂。如现有技术中所熟知的，这些掺杂剂可通过离子注入（随后是退火）或通过扩散处理被添加到层。更优选的途径是在纳米颗粒的化学合成期间原位添加掺杂剂。以形成在十六烷基胺 (HAD)/TOPO 配位溶剂中的 ZnSe 颗粒为例，Zn 源是乙烷中的二乙基锌且 Se 源是溶解在 TOP 中的 Se 粉末（形成 TOPSe）。如果 ZnSe 要掺杂 Al，则乙烷中对应百分比（相对于二乙基锌浓度的若干百分比）的三甲基铝将被添加到包含 TOP、TOPSe 和二乙基锌的注射器。在通过化学浴沉积生长薄膜时像这样的原位掺杂处理已被成功证明。应注意到，仅将一个 p 型输送层或 n 型输送层添加到结构时，二极管也可以工作。本领域技术人员还可推出，层的构成可被颠倒，使得阴极 212 沉积在衬底 204 上且阳极 208 形成在 p 型输送层上。对于 Si 支持的情况，衬底 204 是 n 型 Si。

[0055] 无机发光层 210 优选地包括：多个发光芯，每个芯具有响应于空穴和电子的重新结合而发光的半导体材料，每个这样的发光芯定义第一带隙；多个半导体壳，其在发光芯周围分别形成以形成芯 / 壳量子点，每个这样的半导体壳具有宽于第一带隙的第二带隙；以及半导体矩阵，其连接到半导体壳以提供通过半导体矩阵并且到每个这样的半导体壳及其对应的发光芯的导电路径，从而允许空穴和电子的重新结合。

[0056] 两个电极中的至少一个（即阳极 208 或阴极 212）一般由诸如 ITO 或 IZO 的透明

或半透明材料形成。相反的电极则常常由高反射材料如铝或银形成,然而也可以是透明的。在典型实施例中,阳极是透明的且阴极是反射式的,然而相反的结构也是可行的。空穴和电子输送材料可如上所述由无机半导体材料形成,且可替代地还可由有机半导体材料形成。另外的层也可被置入结构中以促进其他功能,如从电极的电子和空穴注入;或电子或空穴阻断层以阻止电子或空穴穿过发光层从而与电极中的一个附近的电性相反的粒子重新结合。如参考图 6 所述的无机发光二极管可提供本发明的区域照明电致发光装置内的一个或多个发光元件。

[0057] 在此将发光元件定义为共享一对电极段并发光的任何电致发光元件。发光元件可在单个发光层内包含芯/壳量子点发射器的混合物,发光元件可包含多个发光层,每个发光层包含一个或多个不同芯/壳量子点发射器,且发光元件可包括分离的发光层,该分离的发光层包括当电极被共同寻址时形成在分离电极对之间的不同芯/壳量子点发射器。

[0058] 用于制造区域照明电致发光装置的方法包括图 8 所示的步骤。首先在衬底上形成 120 第一电极层。接着形成 122 多个不同芯/壳量子点发射器,其发射具有包括峰值和 FWHM 带宽的光谱功率分布的光,且其中由不同芯/壳量子点发射器的至少一部分产生的光的光谱功率分布的峰值波长相差等于或小于 460 到 670nm 范围内的不同芯/壳量子点发射器的平均 FWHM 带宽的波长值。在此通过引用将其全部内容包括在内的 Kahen 的共同待决的美国公开 2007/0057263 中讨论了用于形成每个尺寸的芯/壳量子点发射器的一个处理。使用该处理可通过改变用来形成芯/壳量子点发射器的反应的参数(例如时间、温度或浓度)来形成不同尺寸的芯/壳量子点发射器。确定 124 不同芯/壳量子点发射器的每个的适当比例,以使得当组合时将形成具有期望光谱功率分布的装置。注意,可使用光致发光来检查该光谱输出以保证以每个不同芯/壳量子点发射器的添加来获得正确的颜色。然后将通过将得到的芯/壳量子点发射器组合成一个共同的材料以形成包含来自每个尺寸分布的芯/壳量子点发射器的混合物,从而形成 126 包含不同芯/壳量子点发射器的适当比例的混合物。可以执行用于形成具有另外的导电无机颗粒的量子点的两个分布或尺寸的混合物的可选操作 128。这些另外的导电无机颗粒在一些实施例中可用于形成半导体矩阵,其促进空穴和电子到量子点的流动。然后将混合物涂覆到第一发光层上在第一电极层的至少一部分上形成 130 第一发光层。该层可被干燥和烧结以提高其导电率。然后在第一和第二发光层上形成 132 第二电极层。

[0059] 根据本发明的用于制造区域照明电致发光装置的方法可包括其他可选步骤。例如,在第一电极层的至少一部分上的第二发光层具有固定配比的多种不同种类的芯/壳量子点发射器的不同子集。在该例子中,第一发光层可形成在第一电极层的一部分上以产生如图 7 所绘的第一类型发光元件 104,且第二类型的发光层可形成在第一电极层的隔开部分上以产生第二发光元件 106。在这样的装置中,可能需要将控制器 108 连接到第一和第二电极层以用于调节提供给发光元件的电压或电流以获得期望颜色的光。在第一电极层的至少第一部分上形成发光层的该处理将进一步包括形成芯/壳量子点与另外的导电颗粒的不同胶状混合物以沉积在第二发光层中而不是形成在第一发光层中。

[0060] 其他可选步骤可包括在每个发光层的区域内涂覆至少一个共用无机电荷输送层。通常制造这样的装置包括在涂覆电致发光材料之前在第一电极层上涂覆至少一个共用无机电荷输送层,以及在形成第二电极层之前在发光层 10 上形成至少第二共用无机输送层。

这样的电荷输送层可用来促进电子和空穴从电极到发光层的流动,同时阻止表面等离子的生成,所述表面等离子的生成能够减小从本发明的装置的光发射。

[0061] 已具体参考了本发明的特定优选实施例详细说明了本发明,然而应理解,在本发明的精神和范围内可实现变化和修改。

[0062] 部件列表

[0063] 2 装置

[0064] 4 衬底

[0065] 6 发光元件

[0066] 8 第一电极层

[0067] 10 发光层

[0068] 12 第二电极层

[0069] 22 芯 / 壳量子点发射器

[0070] 24 芯 / 壳量子点发射器

[0071] 26 芯 / 壳量子点发射器

[0072] 28 芯 / 壳量子点发射器

[0073] 30 导电颗粒

[0074] 40 光谱功率分布

[0075] 42 峰值波长

[0076] 44FWHM 带宽

[0077] 50 光谱功率分布

[0078] 52 光谱功率分布

[0079] 54 光谱功率分布

[0080] 56 光谱功率分布

[0081] 58 光谱功率分布

[0082] 60 光谱功率分布

[0083] 62 光谱功率分布

[0084] 64 光谱功率分布

[0085] 66 光谱功率分布

[0086] 68 光谱功率分布

[0087] 70 光谱功率分布

[0088] 72 光谱功率分布

[0089] 74 光谱功率分布

[0090] 80 装置的光谱功率分布

[0091] 82 标准日光发光体的光谱功率分布

[0092] 90 白炽灯的光谱功率分布

[0093] 92 光谱功率分布

[0094] 102 区域照明装置

[0095] 104 第一类型的发光元件

[0096] 106 第二类型的发光元件

- [0097] 108 控制器
- [0098] 110 控制线
- [0099] 120 形成第一电极层步骤
- [0100] 122 形成芯 / 壳量子点发射器步骤
- [0101] 124 确定适当比例步骤
- [0102] 126 形成混合物步骤
- [0103] 128 可选地形成与导电颗粒的混合物步骤
- [0104] 130 形成第一发光层步骤
- [0105] 132 形成第二电极层步骤
- [0106] 152 灯的光谱功率分布
- [0107] 154 黑体光谱功率分布
- [0108] 160 光谱反射函数
- [0109] 162 光谱反射函数
- [0110] 164 光谱反射函数
- [0111] 202 无机发光二极管
- [0112] 204 衬底
- [0113] 208 阳极
- [0114] 210 发光层
- [0115] 212 阴极
- [0116] 214 总线金属

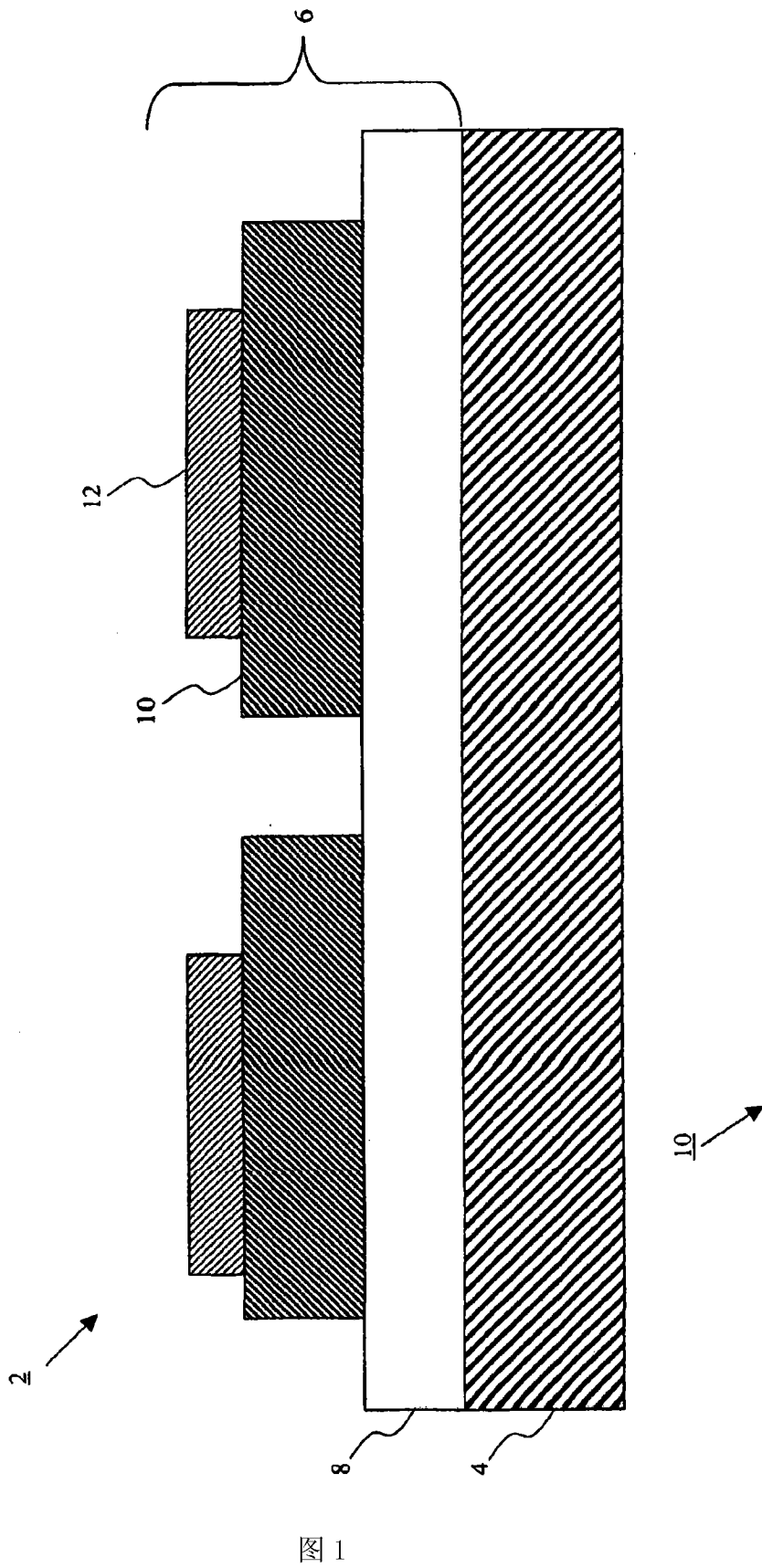


图 1

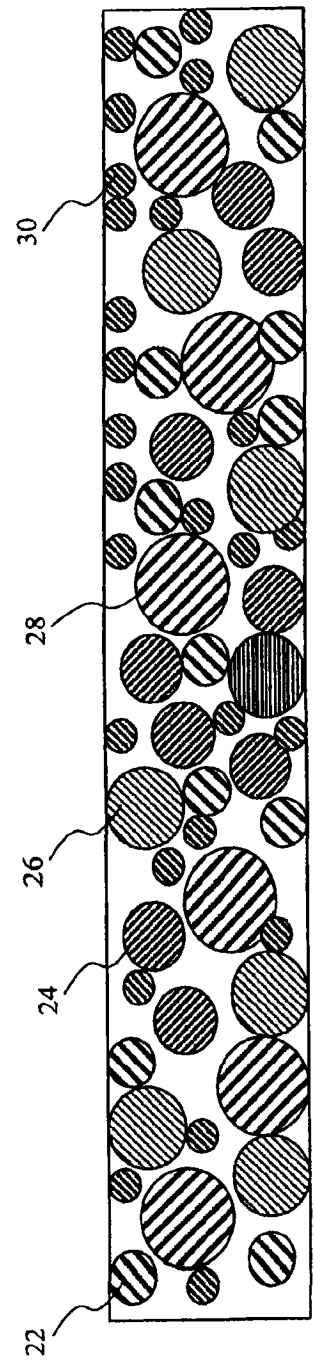


图 2

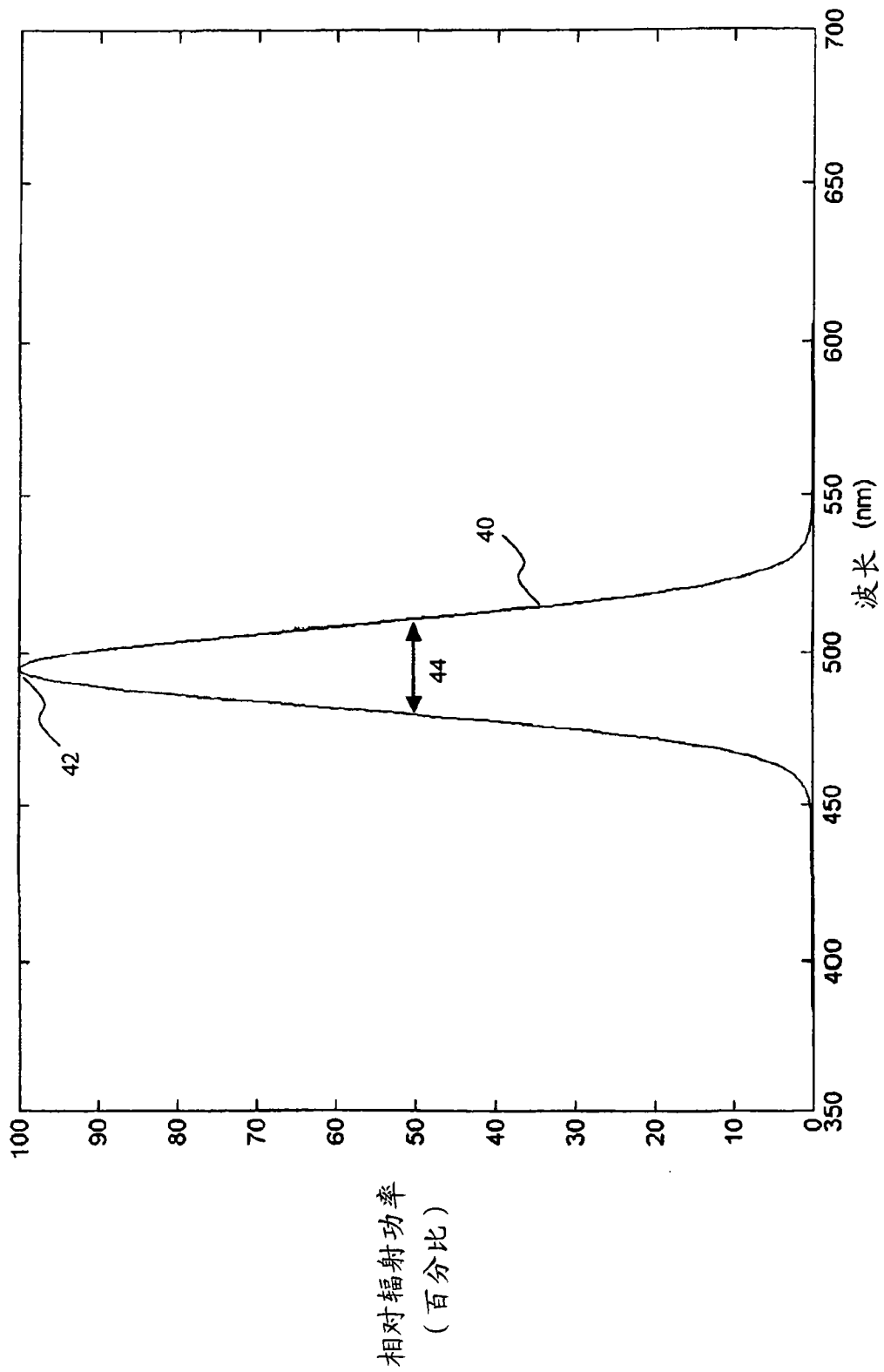


图 3

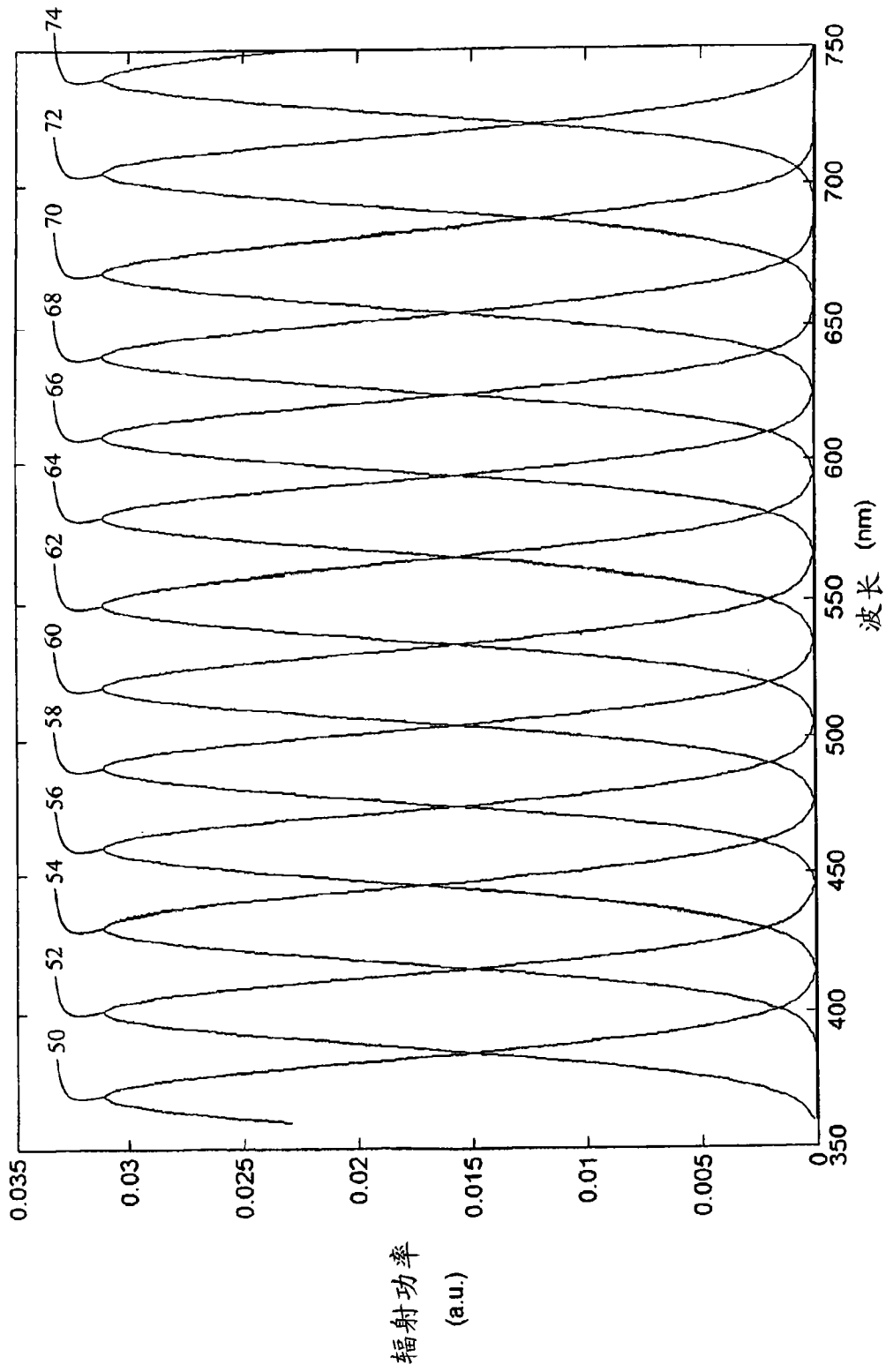


图 4

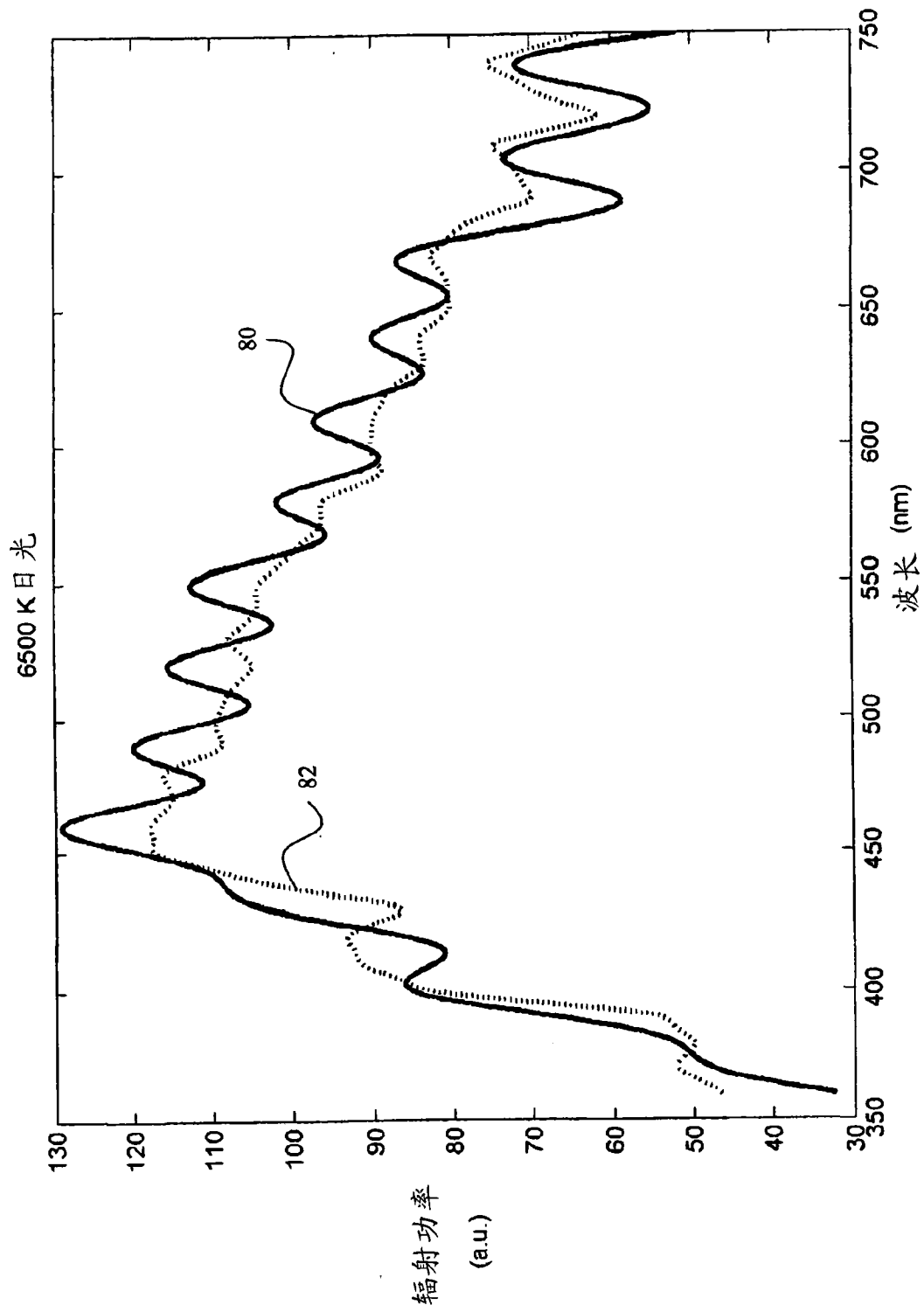


图 5

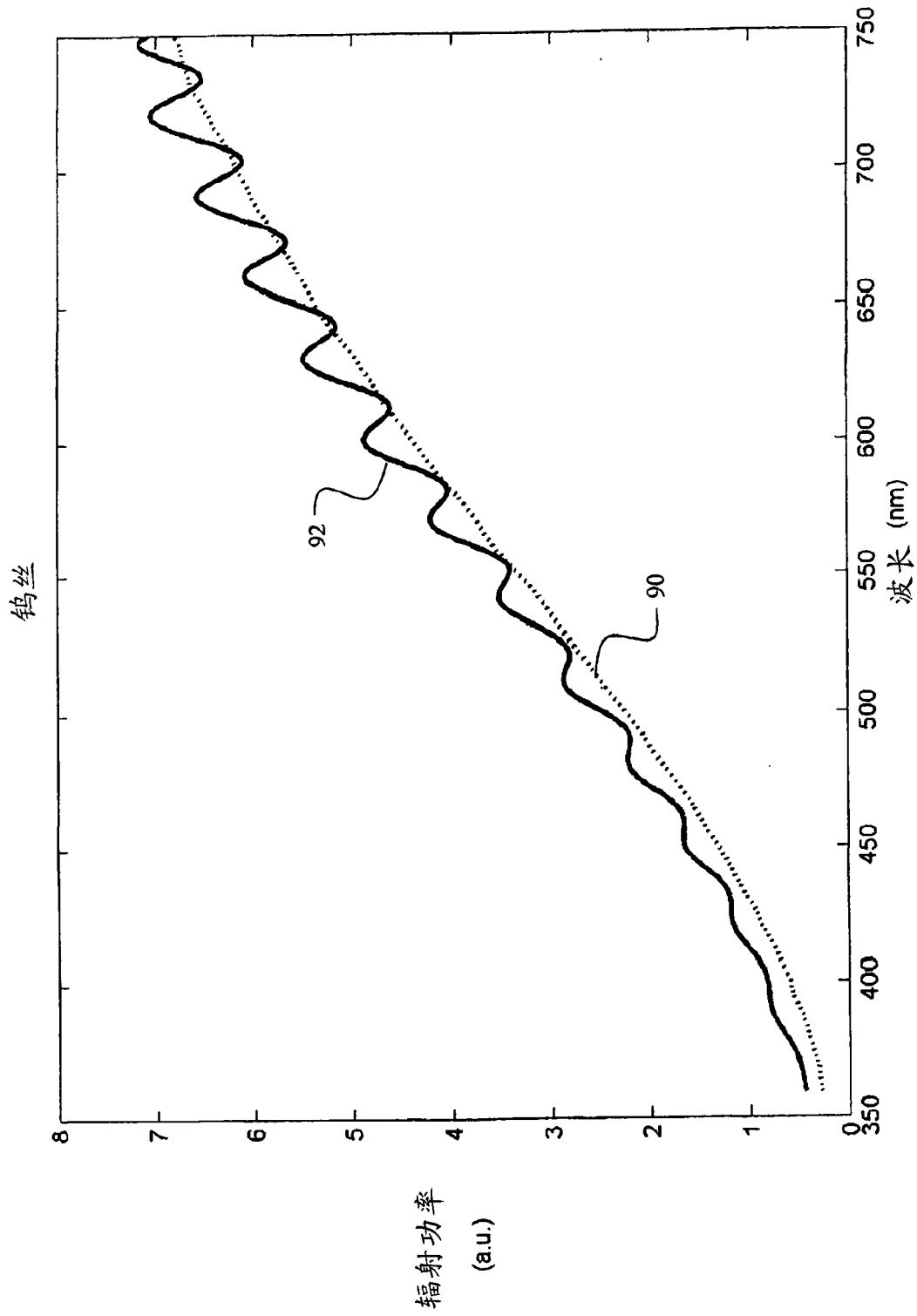


图 6

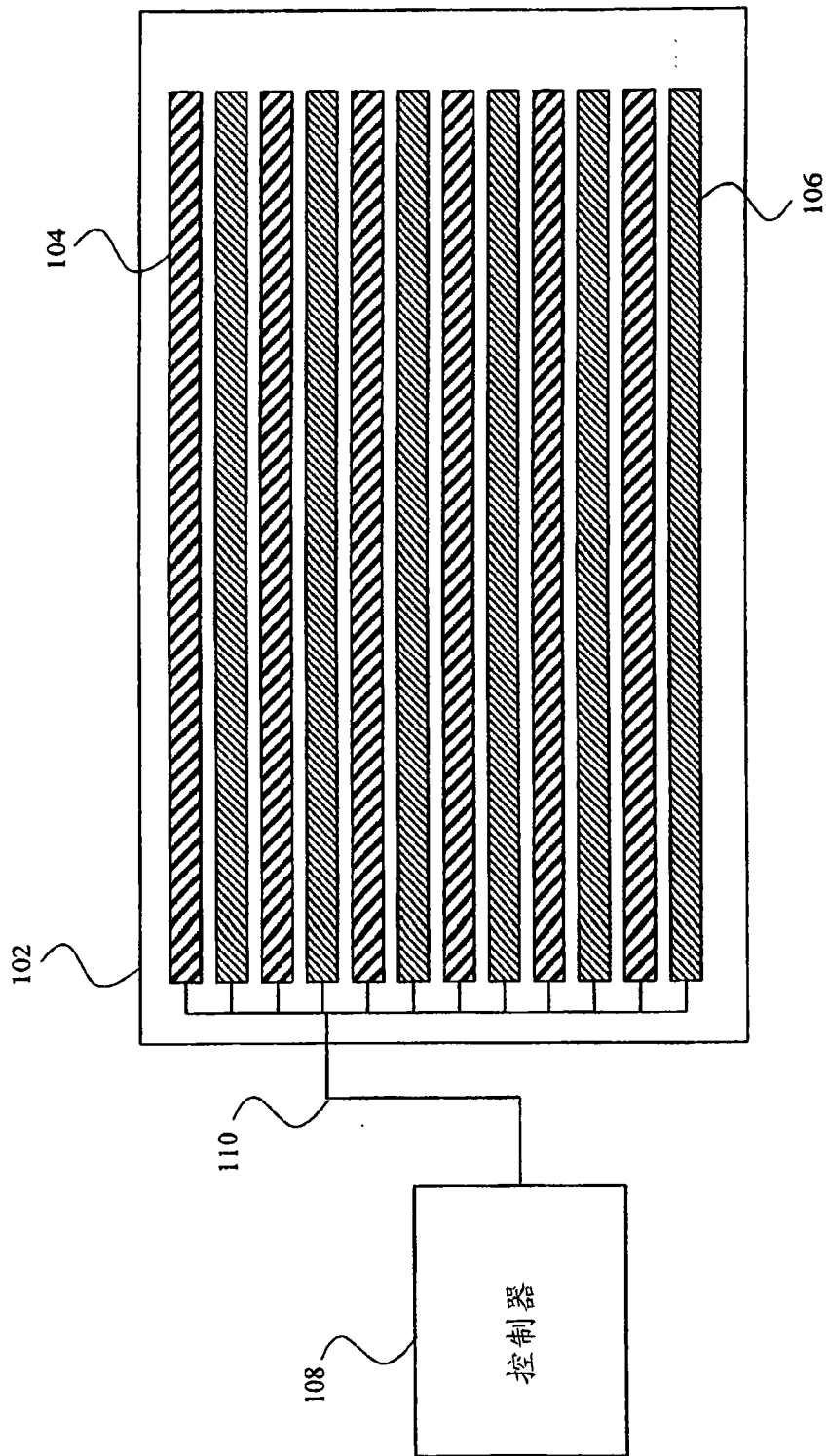


图 7

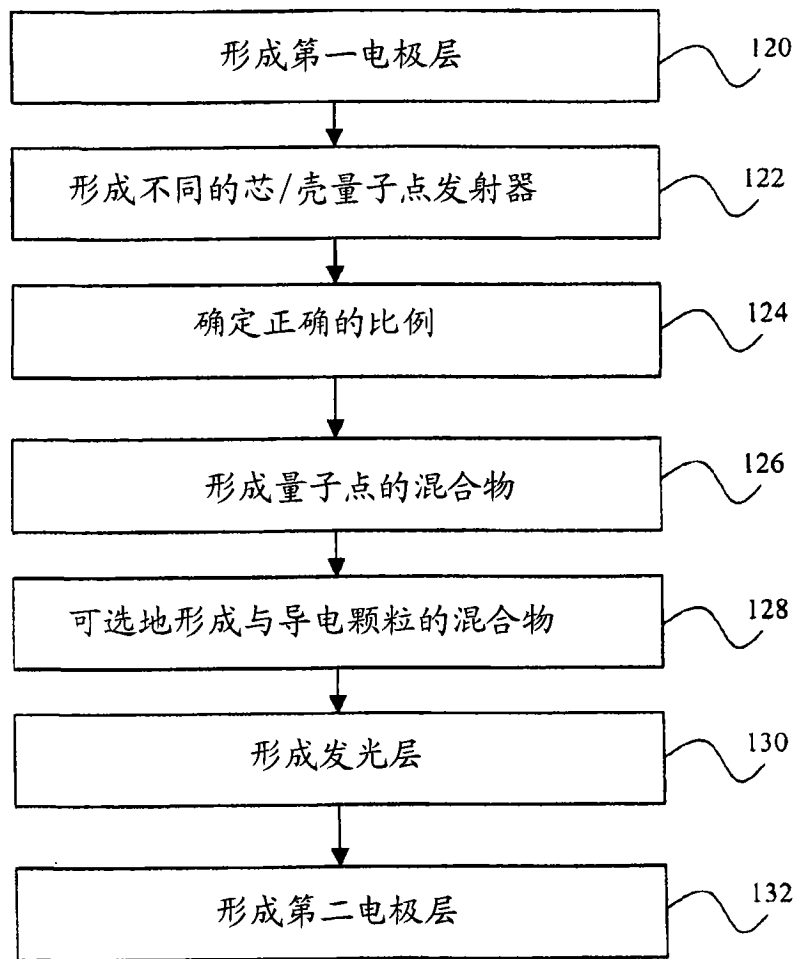


图 8

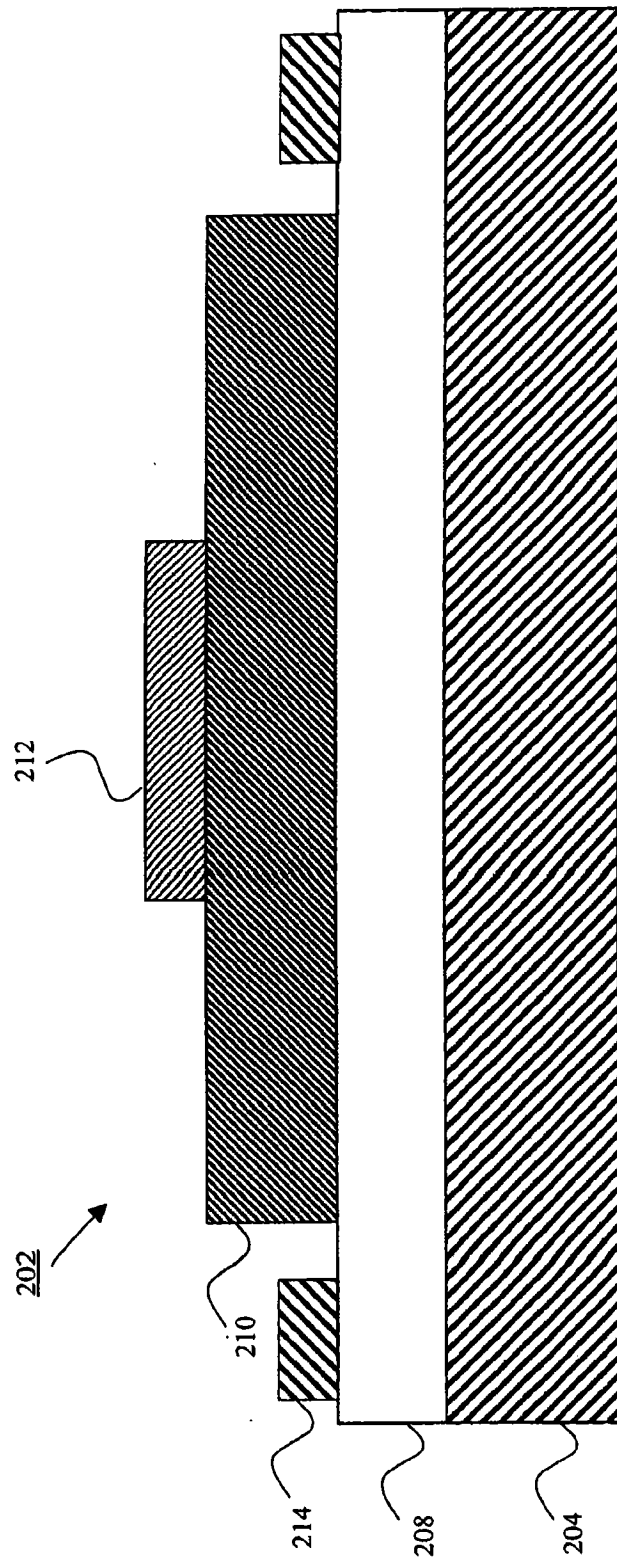


图 9

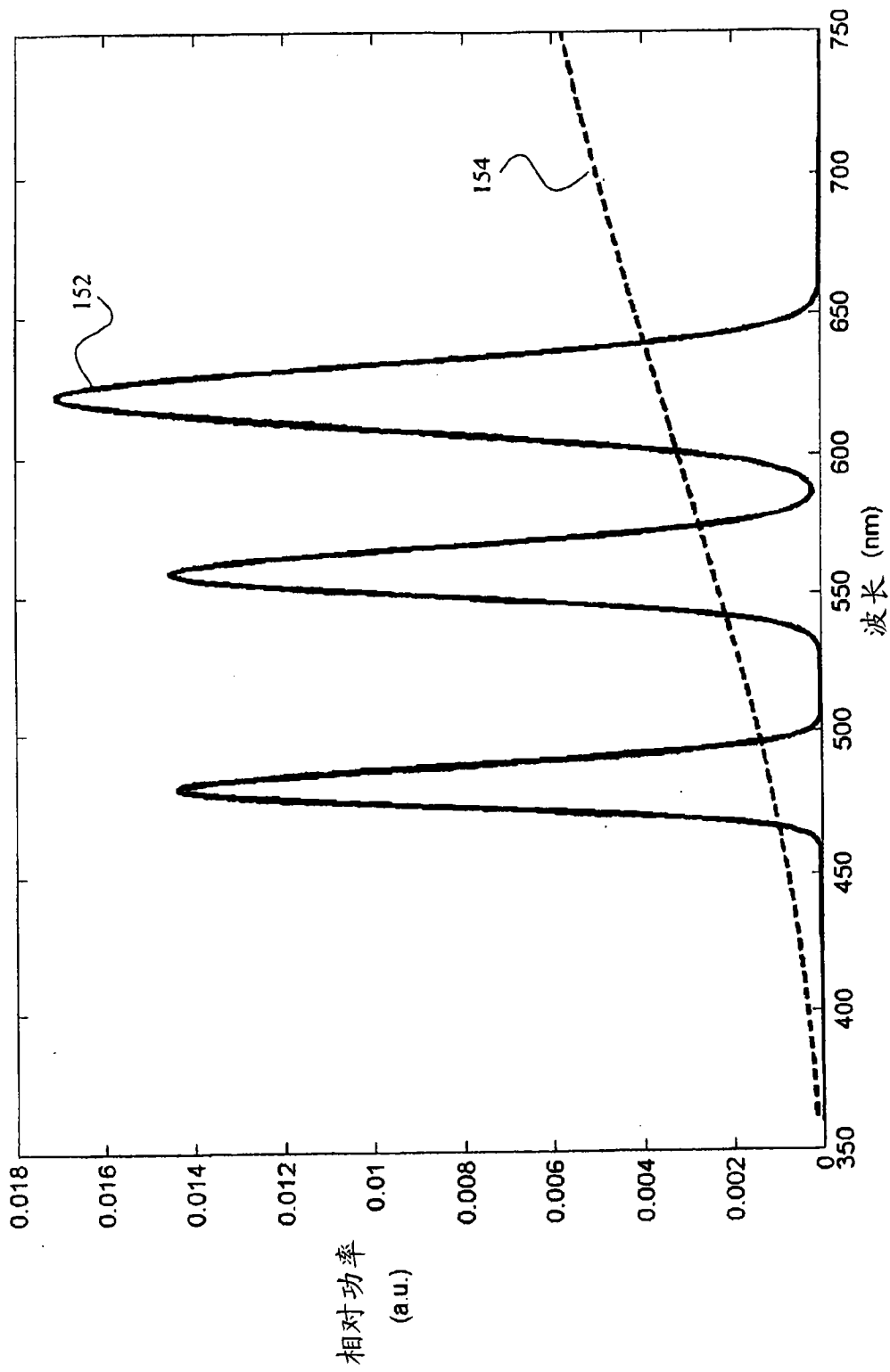


图 10
现有技术

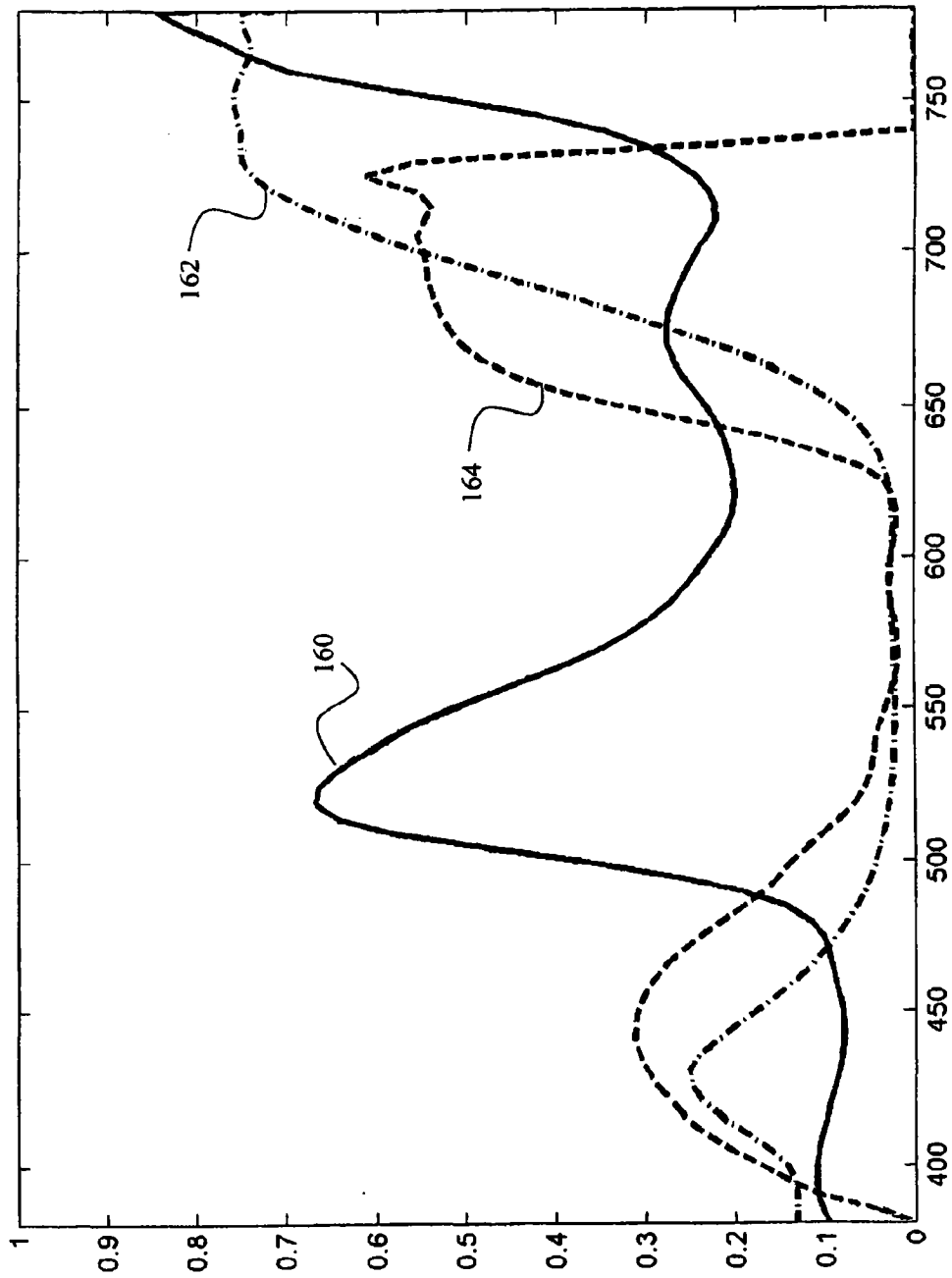


图 11
现有技术